

Techno, ISSN 1410 - 8607
Volume 14 No. 2, Oktober 2013
Hal. 29 – 41

STRATEGI PENGELOLAAN SEDIMENTASI WADUK

(Management Strategy to Reservoir Sedimentation)

Teguh Marhendi

¹Program Studi Sipil, Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Purwokerto
Jl. Raya Dukuh waluh PO Box 202 Purwokerto 53182
Telp. (0281)636751 ext 130
Email: tmarhendi@gmail.com

ABSTRAK

Waduk-waduk di Indonesia hampir tidak lepas dari masalah sedimentasi. Problem sedimentasi menjadi agenda penting yang selalu mengganggu operasional waduk, termasuk mempengaruhi terhadap umur fungsi waduk itu sendiri. Erosi lahan yang tinggi di daerah hulu waduk (Daerah Tangkapan Waduk) menjadi sumber utama penyebab tingginya sedimentasi waduk. Hal ini secara umum didorong oleh perubahan tutupan lahan atau adanya pemanfaatan lahan yang kurang memperhatikan kaidah konservasi di DTA waduk. Tulisan ini dimaksudkan untuk membahas beberapa strategi dalam mengelola sedimentasi waduk baik secara teknis maupun non teknis yang dapat mengurangi peningkatan sedimentasi waduk. Penanganan sedimentasi waduk secara umum dapat dibedakan menjadi empat jenis kegiatan atau usaha, yaitu: menekan laju erosi kawasan hulu, meminimalkan beban sedimen yang masuk ke waduk, meminimalkan jumlah sedimen yang mengendap di waduk dan mengeluarkan endapan sedimen di waduk. Disamping itu dapat juga ditempuh melalui penanganan secara vegetatif dan sosial dimana masyarakat dilibatkan dalam pengelolaan sedimentasi waduk.

Kata Kunci: Sedimentasi waduk, Pengelolaan, erosi lahan

ABSTRACT

Indonesian's Reservoir have sedimentation problems. Sedimentation problems was influenced reservoir operation, and then usefull lifetime the reservoir. A height land erosion at watershed is a improtant of source that caused reservoir sedimentation. That its are caused by landuse change's or used land that do not conservation. This paper is aimed to study some strategy to manage reserovor sedimentation. The management of sedimentation reservoir can be different to four kind, minimalization erosion rate at up stream, minimalization sedimentation to reservoir, minimaliation sedimentation suspension on reserovor and export sedimentation suspension from reservoir and then doing by vegetative and social activity by humanity activity in reservoir management.

Key word : Reservoir Sedimentation, management, land erosion

PENDAHULUAN

Permasalahan sedimentasi waduk menjadi permasalahan umum pada waduk-waduk di Indonesia. Erosi lahan yang tinggi menyebabkan

peningkatan produksi sedimen, dan berdampak pada pengurangan kapasitas maupun umur fungsi waduk. Beberapa waduk di Indonesia umumnya mengalami problem

operasional tersebut dengan meningkatnya sedimentasi sepanjang tahun.

Kejadian erosi lahan memberikan dampak langsung maupun tidak langsung, baik terhadap DAS, waduk maupun terhadap manusia atau lingkungan. Erosi yang terus-menerus, akan menyebabkan kerusakan struktur tanah, merubah kegemburan tanah yang berimbas pada lahan pertanian serta menyebabkan operasi waduk menjadi terganggu.

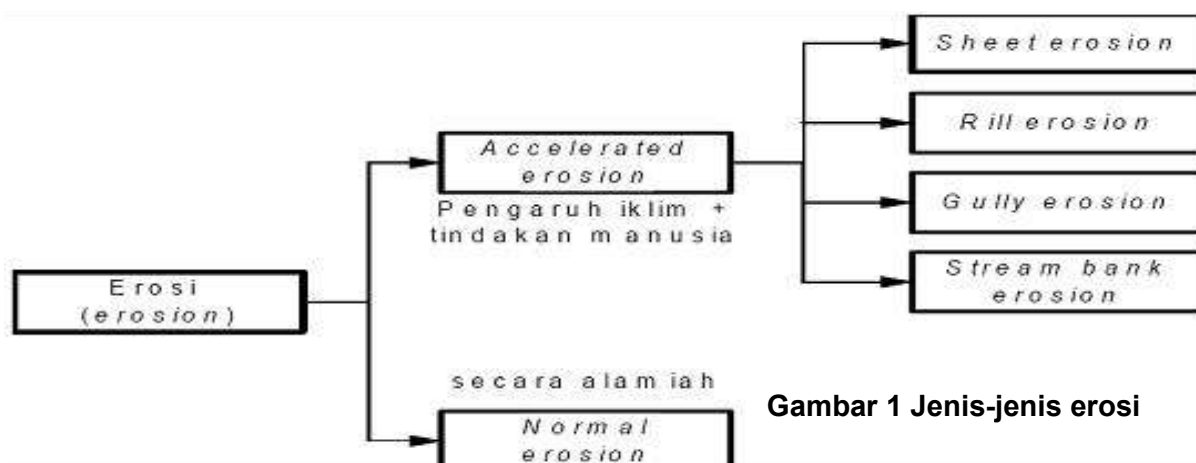
Sumber utama sedimentasi waduk berasal dari erosi lahan di daerah tangkapan waduk. Beberapa karakter Daerah Aliran Sungai (DAS) seperti topografi, kelerengan, persoalan *landuse/landcover* berpengaruh terhadap peningkatan aliran sedimen di Daerah Aliran Sungai (DAS) yang selanjutnya mengalir ke waduk. Untuk beberapa waduk, problem pokok peningkatan erosi disebabkan *landcover* yang tidak sesuai peruntukan atau terjadi perubahan fungsi hutan di hulu DAS.

FAKTOR PENYEBAB EROSI DAN SEDIMENTASI

Erosi merupakan salah satu proses geomorfologi yang berhubungan dengan terjadinya sedimentasi yang tidak mungkin dihindari sama sekali melainkan perlu diantisipasi untuk mengurangi resiko yang ditimbulkan. Sedangkan sedimentasi adalah proses pengendapan butir-butir tanah yang telah hanyut atau terangkut air pada tempat-tempat yang lebih rendah.

Sedimentasi yang terjadi pada sungai disamping menyebabkan pendangkalan sungai juga sering menimbulkan penciutan lebar sungi akibat pembentukan tanah baru. Peningkatan sedimentasi ini pada akhirnya akan mengurangi kapasitas saluran atau sungai yang dapat mempengaruhi kemampuan sungai dalam menampung debit aliran.

Erosi didefinisikan sebagai proses penghanyutan tanah oleh desakan-desakan atau kekuatan air dan angin baik berlangsung secara alamiah maupun akibat tindakan manusia. Erosi ada yang bersifat normal (geological erosion) dan erosi yang dipercepat (acceleration erosion). Erosi yang normal terjadi secara alamiah melalui beberapa tahap meliputi pemecahan agregat-agregat tanah atau bongkah-bongkah tanah menjadi butiran-butiran tanah yang kecil, pemindahan partikel tanah tersebut baik oleh air maupun angin, dan pengendapan partikel tanah yang terangkut tadi ke tempat yang lebih rendah atau dasar sungai. Erosi yang dipercepat (acceleration erosion) terjadi sebagai akibat pengaruh tindakan atau perbuatan manusia yang bersifat negatif terhadap tanah atau akibat kesalahan dalam pengelolaan tanah pertanian. Erosi jenis ini banyak menimbulkan kerugian sebagai akibat kerusakan sistem lingkungan atau DAS.



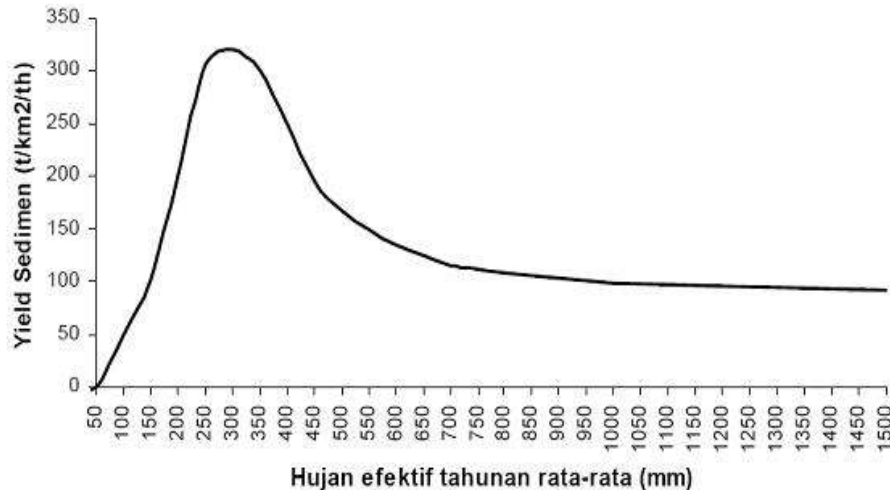
Gambar 1 Jenis-jenis erosi

Faktor-faktor yang dapat mendorong terjadinya proses erosi meliputi, faktor iklim, faktor tanah, topografi, faktor tutupan lahan dan faktor kegiatan atau perilaku manusia. Secara sederhana dapat dijelaskan bahwa faktor iklim akan menentukan nilai indek erosivitas hujan, sementara faktor tanah dengan sifat atau karakteristiknya menentukan erodibilitas tanah. Topografi akan berpengaruh terhadap kecepatan aliran permukaan yang mampu mengangkut pertikel tanah. Faktor tutupan lahan (vegetasi) bersifat melindungi tanah dari timpaan langsung air hujan yang dapat merusak susunan tanah bagian atas. Disamping itu, tanaman dengan akarnya mampu memperbaiki susunan tanah. Sedangkan faktor perilaku manusia dapat lebih mempercepat laju erosi akibat perilaku negatif terhadap tanah dan tanaman.

PENYEBARAN DAERAH EROSI

Langbein and Schumm, 1958 dalam Suripin 2001, menjelaskan bahwa penelitian tentang hubungan antara kehilangan tanah dan iklim pada skala dunia menunjukkan bahwa erosi maksimum terjadi pada daerah yang mempunyai hujan efektif rata-rata tahunan 300 mm. Kondisi iklim akan menentukan kecenderungan erosi, hal ini disebabkan karena mencerminkan

tidak saja besarnya dan pola curah hujan akan tetapi juga jenis dan pertumbuhan vegetasi serta jenis tanah. Erosi di daerah beriklim basah yang masih tertutup vegetasi hutan lebat dan rimbun dengan tanah stabil sesungguhnya tidak berarti apa-apa selama vegetasinya belum terganggu. Namun jika vegetasi pelindungnya lenyap, maka curah hujan yang tinggi dan erosif akan mampu menyebabkan erosi yang besar. Pada daerah kering baik yang masih alami maupun yang telah terganggu, kadang ditandai oleh tanah yang bersifat mudah erosi (peka) dan vegetasi yang tidak stabil serta tidak merata yang disebabkan oleh rendahnya kandungan air tanah selama musim kering. Sementara itu pada daerah agak kering cenderung hujan terjadi dalam musim yang singkat dan sering terjadi dengan intensitas yang tinggi. Hal ini mengakibatkan laju erosi yang tinggi bahkan pada tempat-tempat yang agak datar sekalipun. Oleh karena itu ancaman bahwa erosi yang tertinggi terjadi di daerah tropika basah yang telah terganggu vegetasinya dan di daerah agak kering adalah benar, jika dibandingkan dengan di daerah kering dan daerah tropik basah yang belum terganggu vegetasinya.



Gambar 2 Hubungan antara yield sedimen dan hujan efektif rata-rata tahunan

Di Indonesia penelitian masalah erosi yang dilakukan dengan terarah dan baik masih sangat sedikit. Dames (1955) melaporkan bahwa dari sekitar 1,6 juta ha tanah di daerah bagian timur Jawa Tengah (Yogyakarta, Surakarta dan sebagian karesidenan Semarang dn Jepara-Rembang) telah mengalami erosi berat seluas 36%, erosi sedang 10,5 %, erosi ringan 4,5% dan tidak tererosi 49%. Kerusakan tanah di daerah ini meningkat seiring meningkatnya jumlah penduduk sejak tahun 1900. Sementara itu, dalam penelitiannya di daerah Cilitung, Van Dijk and Vogelzang (1948) menjelaskan bahwa tingkat kerusakan erosi meningkat seiring dengan meningkatnya kegiatan penduduk membuka tanah pertanian tanpa pengolahan yang benar. Dari hasil penelitian diperoleh kandungan sedimen Cilitung pada tahun 1911/1912 diperkirakan besarnya erosi sekitar 13,2 ton/ha/th yang ekuivalen dengan 0,9 mm lapisan tanah. Sementara itu akibat penebangan

hutan dan cara pengolahan tanah yang tidak sesuai dengan kaidah konservasi pada daerah tersebut menyebabkan laju erosi menjadi sebesar 28,5 ton/ha/th atau ekuivalen dengan 1,9 mm lapisan tanah atau lebih dari dua kali laju erosi di 1911/1912.

DAMPAK EROSI DAN SEDIMENTASI

Air akan mengalir dipermukaan tanah apabila jumlah air hujan lebih besar dari kemampuan tanah menginfiltirasi air ke lapisan yang lebih dalam. Akibat penurunan porositas tanah, karena sebagian pori tertutup oleh partikel tanah yang halus, maka laju infiltrasi akan semakin berkurang. Hal ini akan mengakibatkan aliran air dipermukaan semakin banyak dan menimbulkan kemerosotan kesuburan fisik tanah. Akibat langsung dari erosi adalah hilangnya lapisan atas atau lapisan olah tanah, sedikit demi sedikit sehingga sampai pada lapisan bawah (*sub soil*) yang umumnya memiliki sifat fisik tanah yang lebih jelek.

Tabel 1 Tebal lapisan tanah tererosi setiap tahun di Indonesia

Daerah Aliran Sungai	Erosi	
	Tebal (mm)	Ton/ha ($\gamma \pm 1,5$)
Ciliwung	0,15	2,25
Brantas	0,60	9,00
Cimanuk	0,80	12,00
Banyu Putih	0,40	6,00
Cilamaya	1,40	21,00
Jragung	2,50	37,50
Serayu	1,80	27,50
Lusi	1,40	21,00
Penggaron	5,00	75,00

Sumber : Suripin (2001)

Berkurangnya unsur hara dalam tanah terjadi akibat tanah terangkut pada waktu panen, pencucian dan terangkut pada waktu peristiwa erosi. Apabila erosi berjalan terus-menerus mengikis lapisan permukaan tanah, maka dengan sendirinya akan terangkut kompleks liat dan humus serta partikel tanah lain yang kaya akan unsur hara tanaman. Berikut diberikan contoh data mengenai tebal dan banyaknya lapisan olah tanah yang tererosi setiap tahun di Indonesia.

Besarnya daya dukung dan kelestarian produktivitas sumberdaya alam tanah dan air sangat ditentukan oleh interaksi dan cara manusia mengolah sumberdaya alam itu sendiri dengan faktor lingkungan bio fisik. Apabila penggunaan sumberdaya tanah melampaui batas kemampuan tanah yang bersangkutan tanpa ada usaha-usaha teknologi tertentu sebagai masukan, maka akan terjadi tanah-tanah gersang yang tidak produktif. Hal ini tentunya akan lebih mengkhawatirkan lagi dan berbahaya jika terjadi di daerah-daerah aliran sungai.

Erosi tanah tidak hanya berpengaruh negatif pada lahan dimana terjadi erosi, pada kenyataannya erosi juga akan

mempengaruhi daerah hilirnya dimana material sedimen diendapkan. Banyak bangunan-bangunan sipil di daerah hilir yang akan terganggu, seperti saluran-saluran, jalur navigasi air, bahkan waduk-waduk akan mengalami pengendapan sedimen. Disamping itu kandungan sedimen yang tinggi pada air sungai juga akan merugikan pada penyediaan air bersih yang bersumber dari air permukaan, biaya pengolahan akan menjadi mahal. Salah satu keuntungan yang dapat diperoleh dari pengendapan sedimen barangkali penyuburan tanah jika sumber sedimen berasal dari tanah yang subur.

PENGELOLAAN SEDIMENTASI WADUK

Secara umum problem yang dihadapi waduk-waduk di Indonesia adalah tingginya sedimen yang masuk ke waduk. Beberapa waduk di Indonesia bersifat multi purpose yang tidak hanya untuk satu kepentingan saja melainkan difungsikan untuk beberapa tujuan seperti irigasi, perlindungan banjir, air minum, perikanan, pariwisata serta untuk energi listrik. Dengan demikian, tingginya sedimentasi akan menimbulkan terganggunya sistem operasional waduk tersebut.

Peningkatan produksi sedimen di daerah tangkapan waduk biasanya dipengaruhi oleh buruknya kondisi DAS di atas waduk itu sendiri. Kondisi DAS yang buruk tersebut mendorong peningkatan erosi lahan yang menjadi sumber produksi sedimen. Ketersediaan data untuk analisis sedimentasi waduk umumnya sangat terbatas sehingga sangat menyulitkan dalam upaya pengelolaannya. Hanya beberapa waduk saja yang melakukan pengukuran data sedimen secara periodik. Di samping terbatasnya data, metode pengukuran sampel sedimen yang tidak sesuai standar juga menjadi kendala (Kironoto, 2001).

Berdasarkan definisi *International Commission of Large Dams (ICOLD)*,

di Indonesia telah dibangun 82 buah bendungan besar (Suripin, 2001). Dari jumlah tersebut 25 buah dibuat sebelum tahun 1975. Saat ini jumlah tersebut telah bertambah dengan dibangunnya beberapa waduk baru sampai tahun 2008 ini. Sebagian besar waduk-waduk di Indonesia tersebut saat ini telah mengalami permasalahan sedimentasi. Berdasarkan data yang diperoleh dari beberapa penelitian, sedimentasi beberapa beberapa waduk di Jawa menunjukkan kondisi sedimentasi yang bervariasi dari 0,42 mm/tahun sampai 12,74 mm/tahun dengan rata-rata 3,82 mm/tahun. Berikut disajikan data sedimentasi beberapa waduk di Indonesia.

Tabel 2 Tingkat pelumpuran di beberapa sungai di Jabar

DAS	Kadar rata-rata (mg/l)	Lumpur maks (t/km ² /th)	Angkutan (jt.ton/th)	Lumpur (t/km ² /th)	Intensitas Erosi (mm/th)
Cimanuk:	2850	8840	25,0	7820	6,0
Cipeles	-	-	2,0	4880	3,8
Cilutung	5520	20360	7,2	12000	9,2
Cikeruh	-	-	2,8	11200	8,6
Cihanggam	-	-			
Citanduy:	2190	4610	9,49	3740	2,9
Cimuntur	-	-	1,75	3030	2,3
Cikwang	-	-	0,73	1910	1,5
Ciseel	-	-	0,23	1470	1,1
Citarum	-	-	3,79	933	0,70
Ciliwung	-	-	-	-	0,10
Cisanggarung	-	-	-	-	8,00
Range rendah-tinggi sungai di Jawa	9390-5520	1510-20300	0,28-25,0	933-12000	0,1-23
Range rendah-tinggi sungai di luar Jawa	67-2790	152-9610	0,17-1,40	33-1133	0,33-0,87

Sumber : Suripin, 2001

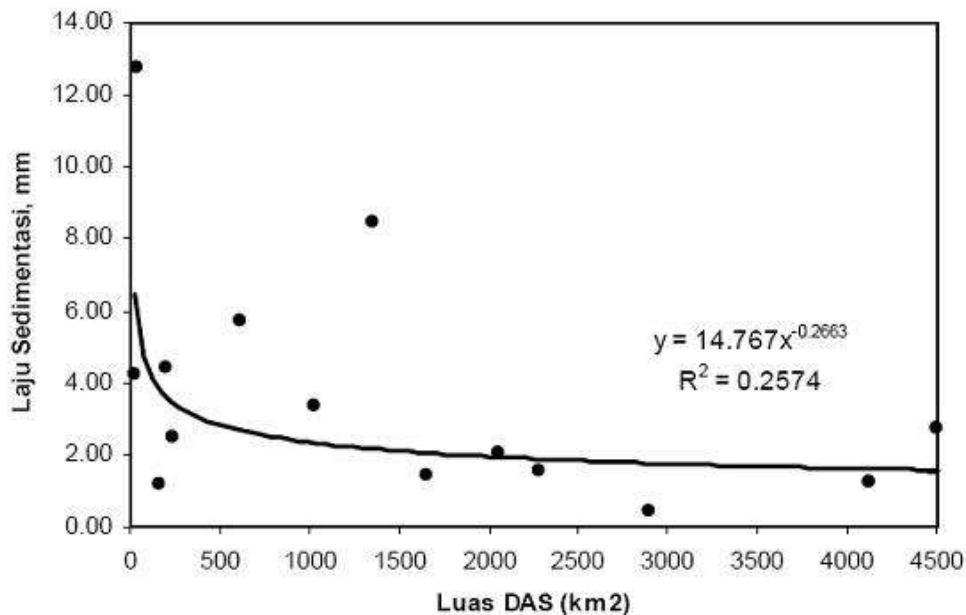
Tabel 3 Laju sedimentasi waduk

Nama Bendungan	Tahun selesai	Kapasitas (10 ⁶ m ³)	Luas DAS (km ²)	Kapasitas waduk, (mcm)	Yield sedimen, (mm/th)	50% kapasitas terisi sedimen, (tahun)
Wlingi	1977	24,00	2.890	8	0,42	10
Sengguruh	1988	23,00	1.659	14	1,43	5
Sutami	1973	343,00	2.050	167	2,08	40
Mrica	1989	165,00	1.022	141	3,38	19
Labor	1975	36,10	160	226	1,18	95
Selorejo	1970	62,30	236	264	2,47	53
Saguling	1996	875,00	2.283	383	1,57	122
Wonogiri	1982	560,00	1.350	415	8,44	25
Cirata	1988	2.165,00	4.119	526	1,27	207
Jatiluhur	1967	2.556,00	4.500	568	2,72	104
Sermo	1996	25,00	22	1136	4,33	131
Kedung ombo	1989	723,00	614	1178	5,72	103
Sempor	1978	52,00	43	1209	12,74	47
Wadaslintang	1996	443,00	196	2260	4,39	257
Rata-rata						3,72

Sumber : Edy Susilo(2001), Janat Pranowo (2001)

Mengacu Sumber : **Suripin, 2001**

Tabel 3, nampak bahwa laju sedimentasi waduk besar di Jawa Barat seperti Saguling, Jatiluhur dan Cirata memiliki laju sedimen yang lebih rendah dibandingkan waduk besar di Jawa Tengah seperti Wonogiri, Mrica, Wadaslintang dan Kedung Ombo. Selanjutnya dari Tabel 3 diatas dapat dilakukan suatu korelasi antara laju sedimentasi dengan luas DAS-nya seperti terlihat pada gambar 3



Gambar 3 Hubungan luas DAS dengan laju sedimen

Faktor- faktor yang berpengaruh terhadap sedimentasi waduk

Sedimentasi yang terjadi pada waduk dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain kondisi fisiografi dan hidroklimatologi daerah tangkapan, aktivitas dan perilaku pemanfaatan lahan di daerah tangkapan, serta pola operasi waduk. Kondisi fisiografi lahan yang akan mempengaruhi produksi sedimen, antara lain; tipe tanah permukaan dan formasi geologi, penutup lahan, tataguna lahan, topografi lahan, kerapatan jaringan drainasi, morfologi sungai, karakteristik sedimen (ukuran butir dan kandungan mineral), karakteristik hidraulik sistem alur, laju erosi lahan dan sistem alur.

Parameter penting dari kondisi hidroklimatologi yang dipandang berpengaruh dalam proses sedimentasi waduk adalah hujan manusia yang secara umum memberikan kontribusi terhadap peningkatan laju erosi permukaan antara lain pemanfaatan hasil hutan, pembangunan permukiman, pengolahan tanah, pembangunan

(jumlah dan intensitas), iklim di daerah tangkapan, serta respon kejadian hujan di daerah tangkapan terhadap aliran yang ditimbulkan di sistem alur. Seperti halnya fenomena longsor, interaksi antara hujan (dengan suatu karakteristiknya), dengan permukaan tanah akan menyebabkan terjadinya erosi permukaan yang berlainan antara suatu kawasan dengan kawasan yang lain. Karakteristika hujan ditunjukkan tidak hanya besarnya hujan dalam sehari, namun juga intensitas hujan (jam-jaman).

Seiring dengan pertambahan jumlah penduduk, aktifitas dan pemanfaatan lahan di daerah tangkapan waduk akan meningkat, baik secara ekspansi lahan maupun peningkatan intensitas lahan. Dengan adanya aktifitas tersebut akan terjadi perubahan sifat dan karakteristik daerah tangkapan. Beberapa aktifitas infrastruktur (jalan, jaringan air bersih, bangunan utilitas umum, dan lain-lain).

Strategi pengelolaan sedimentasi waduk

Terdapat dua kelompok kegiatan yang dapat dilakukan dalam rangka mengurangi laju sedimentasi waduk, yaitu kegiatan pada daerah tangkapan, serta kegiatan pada waduknya sendiri. Tingkat kemudahan dan keberhasilan dari kegiatan yang dilakukan sangat tergantung pada tingkat permasalahan sedimentasi dari waduk yang bersangkutan. Namun demikian, pada umumnya penanganan sedimentasi dengan cara evakuasi atau pembuangan sedimen dari dalam waduk dengan cara pengerukan merupakan alternatif terakhir yang sebaiknya dihindari. Untuk itu suatu strategi pengelolaan sedimentasi waduk perlu disusun secara cermat, sehingga pilihan jenis kegiatan penanganan akan merupakan pilihan terbaik baik dari segi teknis ataupun non-teknis. Penyusunan strategi pengelolaan sedimentasi waduk perlu didasarkan pada runtutan kajian yang memandu kearah pilihan terbaik atas kegiatan penanganan yang harus dilakukan.

Penanganan sedimentasi waduk secara umum dapat dibedakan menjadi empat jenis kegiatan atau usaha, yaitu: a). Menekan laju erosi kawasan hulu, b) Meminimalkan beban sedimen yang masuk ke waduk, c) Meminimalkan jumlah sedimen yang mengendap di waduk dan d) Mengeluarkan endapan sedimen di waduk.

a. Penekanan Laju Erosi Kawasan Hulu

Penekanan laju erosi kawasan hulu merupakan tindakan penting yang harus dilakukan dalam upaya pengurangan masalah sedimentasi waduk. Tindakan penekanan laju erosi kawasan hulu dapat dilakukan secara struktural (perlakuan sipil dan vegetasi), ataupun tindakan non-

struktural (sosial). Pada umumnya penekanan laju erosi kawasan hulu akan berhasil baik apabila usikan atau sentuhan manusia terhadap lahan kawasan hulu dikurangi atau bahkan bila memungkinkan dihilangkan.

b. Usaha meminimalkan beban sedimen yang masuk ke waduk

Fenomena aliran sedimen yang masuk ke waduk sebagai kelanjutan migrasi sedimen hasil erosi permukaan merupakan hal yang tidak dapat dihindari. Sejauh jumlah yang masuk ke dalam waduk tidak dalam jumlah yang berlebihan maka hal tersebut tentunya bukan merupakan keberatan. Dengan demikian persoalannya terletak pada bagaimana usaha yang harus dilakukan dalam upaya memperkecil jumlah sedimen yang masuk ke waduk tersebut. Pengurangan beban sedimen yang masuk ke waduk dapat dilakukan melalui dua cara, yaitu penangkapan sedimen melalui sistem alur cekungan, serta pengalihan sedimen yang akan masuk ke waduk tersebut ke daerah lain di luar waduk. Pada cara pertama umumnya ditempuh dengan membangun *checkdam* dan kantong pasir, sedangkan pada cara yang kedua ditempuh dengan cara membangun sudetan atau *sand bypass*. Perlu diingat bahwa fungsi bangunan dalam menahan material untuk tidak mengalir menuju ke waduk adalah terbatas. Selain tergantung pada ketersediaan aliran air, juga tergantung pada jenis sedimen yang dapat ditahan ataupun oleh bangunan-bangunan tersebut. Pada umumnya hanya material berukuran relatif besar (ukuran butir pasir dan yang lebih besar) yang dapat ditahan oleh bangunan-bangunan tersebut. Sedangkan butir-butir halus (lebih kecil dari ukuran pasir) akan tetap lolos dan mengalir menuju ke waduk.

c. Usaha meminimalkan jumlah sedimen yang mengendap di waduk

Walaupun jumlah sedimen yang masuk ke waduk cukup besar, permasalahan sedimentasi masih dapat diatasi dengan cara mencegah terjadinya deposisi sedimen yang masuk tersebut ke dasar waduk. Cara ini umumnya disebut pelewatan (*sluicing*) sejumlah sedimen yang masuk ke waduk tersebut. Beberapa persyaratan umum yang dapat menunjang keberhasilan kegiatan pelewatan sedimen antara lain adalah tersedia volume air yang cukup selama waktu pelewatan sedimen, bentuk kolam waduk memanjang dan jenis sedimen yang akan dikeluarkan mempunyai ukuran relatif kecil (fraksi lumpur atau lempung)

d. Pemindahan (*evacuation*) sedimen keluar dari waduk

Usaha pengurangan jumlah sedimen yang masuk ke waduk serta pencegahan sedimen yang mengendap di dasar waduk kemungkinan tidak cukup untuk mengatasi permasalahan sedimentasi waduk. Apabila dijumpai kondisi yang demikian maka pemindahan sedimen keluar dari waduk merupakan upaya terakhir yang tetap harus dilaksanakan. Dua cara yang sering ditempuh adalah dengan cara penggelontoran (*flushing*) melalui fasilitas keluaran bawah (*bottom outlet*), serta pengerukan (*dredging*).

Persyaratan tindakan penggelontoran sedimen adalah hampir sama dengan persyaratan tindakan pelewatan sedimen, antara lain tersedia volume air yang cukup selama waktu penggelontoran sedimen, jenis sedimen yang akan dikeluarkan mempunyai ukuran relatif kecil (fraksi lumpur atau lempung), hanya sedimen yang berada di dekat daerah pintu pengambilan saja yang dapat digelontor dan perlu disertai

dengan penguraian sedimen yang terlanjur memadat, misalnya dengan metode penyemprotan dengan *bubble jet*. Sedangkan hal-hal yang harus diperhatikan dalam kegiatan pengerukan atau *dredging* adalah volume sedimen yang akan dikeruk, lokasi pengerukan yang tidak membahayakan stabilitas struktur bendungan, lokasi tempat pembuangan bahan hasil pengerukan dan masalah lingkungan lainnya (pencemaran jalan akses, dll).

Setiap usaha penanganan, baik di sistem lahan, sistem alur, ataupun di waduknya sendiri, harus mempunyai tolok ukur, dan sedapat mungkin dikuantifikasi. Tolok ukur keberhasilan penanganan sedimentasi waduk ditetapkan berdasar beberapa pendekatan, antara lain :

- 1) Menurunnya nilai erosi daerah tangkapan,
- 2) Menurunnya jumlah sedimen yang masuk ke waduk,
- 3) Menurunnya gradien perubahan nilai *SDR*,
- 4) Bertahannya kapasitas tampung waduk,
- 5) Meningkatnya peran serta masyarakat dalam usaha konservasi daerah tangkapan.

Penanganan Secara Vegetatif

Metode konservasi kawasan hulu dalam rangka mengurangi atau mencegah sedimen masuk ke waduk dapat ditempuh dengan penanganan struktural maupun non-struktural. Penanganan struktural termasuk pembangunan tanggungan sedimen, bangunan terjunan untuk mengurangi erosi alur, perlindungan tebing untuk mengurangi erosi tebing, serta bangunan pengendali dasar sungai (ambang) untuk menstabilkan elevasi dasar sungai. Penanganan non-struktural mencakup perbaikan daerah tangkapan dengan perbaikan tanaman

penutup dan rotasi tanaman untuk menekan laju erosi serta dengan pengaturan tanaman untuk menahan angkutan sedimen.

Penanganan Secara Sosial

Keberhasilan penanganan sedimentasi waduk sangat tergantung pada aktivitas manusia sehari-hari pada lahan yang memberi kontribusi terhadap sedimentasi waduk, khususnya kawasan di hulu waduk. Di dalam mengelola kawasan hulu, peran serta masyarakat yang tinggal di kawasan hulu sangat diperlukan, dengan suatu alasan bahwa merekalah yang sehari-hari berdekatan dengan lahan kawasan hulu tersebut. Pengembangan peran serta masyarakat perlu didahului dengan penjarangan kondisi sosial masyarakat (mata pencaharian, persepsi konservasi lahan, nilai budaya masyarakat, khususnya dalam berinteraksi dengan alam sekitarnya, dan lain-lain). Mengetahui pola aspirasi masyarakat kawasan hulu adalah langkah bijaksana yang harus dilakukan, untuk kemudian bersama-sama dengan tingkat kesesuaian lahan mencari bentuk konservasi lahan yang paling sesuai bagi masyarakat tersebut. Nilai lebih dan kompetitif suatu kegiatan perlu diciptakan agar masyarakat dapat menerima manfaat langsung dengan keikutsertaan mereka dalam kegiatan konservasi lahan kawasan hulu.

Implementasi atau pelaksanaan dari konservasi tanah dan air sangat tidak mungkin hanya dilaksanakan secara struktural. Tindakan secara tidak langsung yang bersifat non-struktural sangat perlu dilakukan demi kesuksesan tindakan secara struktural. Di dalam membangun suatu kegiatan non-struktural yang terkait dengan pengembangan peran serta masyarakat, maka tata perundangan

yang ada, misal Undang-Undang No.41 Tahun 1999 tentang peran serta masyarakat, ataupun Undang-Undang No. 7 Tahun 2004 Tentang Sumberdaya Air, perlu diacu secara arif dengan memperhatikan kesesuaiannya di lapangan. Selanjutnya perlu diingat bahwa pengembangan kegiatan non-struktural dalam upaya pengelolaan sedimentasi waduk mempunyai beberapa tujuan pokok. Tujuan pokok tersebut adalah: a) menunjang pelaksanaan penanganan sedimentasi waduk secara struktural; b) menunjang pelaksanaan konservasi lahan; dan c) memberi kesempatan kepada masyarakat di sekitar obyek untuk berperan serta melakukan tindakan pengamanan sedimentasi waduk serta memperoleh peningkatan kesejahteraan dengan adanya kegiatan penanganan struktural, termasuk penanganan secara vegetasi.

KESIMPULAN

Memperhatikan uraian diatas dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain:

1. Secara umum waduk-waduk di Indonesia mengalami problem sedimentasi yang cukup serius yang diakibatkan oleh kegagalan konservasi di daerah tangkapan waduk, seperti penebangan hutan, rusaknya *green belt* atau perluasan lahan pemukiman.
2. Tingginya sedimentasi umumnya berimbas pada problem operasional maupun umur operasi waduk
3. Peningkatan sedimentasi didorong oleh tingginya erosi lahan pada daerah tangkapan waduk itu sendiri
4. Beberapa permasalahan seperti data sedimen yang tidak akurat,

terbatasnya data sedimen yang dapat digunakan, metode pengambilan sampel sedimen di sungai yang tidak sesuai standar, serta tidak berhasilnya program konservasi tanah di daerah tangkapan waduk menjadi kendala, baik pada waktu perencanaan maupun pada waktu waduk sudah beroperasi

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2007, *The Study on Countermeasures for sedimentation in The Wonogiri Multipurpose DAM Reservoir in The Republik of Indonesia*, Draft Final Report, JICA
- Arsyad, S., 1989, *Konservasi Tanah dan Air*, Penerbit IPB (IPB Press), Bogor.
- Brown, L.S. and Flavin, Ch., 1988, *The earth vital signs; in stark, L. (ed). State of the World, 1988. A worldwatch Institute Report on Progress toward a sustainable society*. W.W. Norton & Co., New York
- Chay Asdak, 1999, *DAS sebagai Satuan Monitoring dan Evaluasi Lingkungan: Air sebagai Indikator Sentral*, Seminar Sehari PERSAKI DAS sebagai Satuan Perencanaan Terpadu dalam Pengelolaan Sumber Daya Air, Jakarta
- Chay Asdak, 2007, *Lokakarya Tepung Lawung III Pelestarian DAS Citarum Hulu*, di Gedung Mohammad Toha, Kompleks Perkantoran Pemkab Bandung
- E John Russell, 2001, *Soil Conditions and Plant Growth*, Reprint, Delhi, Biotech, , vi, 635 p
- Eko Agus Krisdiyanto, 2005, *Analisis Karakteristika Sedimentasi Waduk Wadaslintang*, Tugas Akhir, FT UGM, Yogyakarta
- El-Swaify, Arsyad S., and Krisnarajah P., 1983, *Soil erosion by water, In Carpenter, R.A (ed), Natural System for Development*; 99-161 Macmillan Pbl. Co, New York
- Kironoto, 2001, *Bahan Kuliah Sedimentasi Waduk*
- Linsley, R.K., et al, 1980, *Applied Hydrology*, New Delhi: Mc.Graw-Hill, Publication Co
- Sri Astuti Soedjoko dan Chafid Fandeli, 2002, *Indikator dan Parameter Kerusakan Ekosistem Daerah Aliran Sungai (Studi Kasus DAS Serayu)*, Prosiding Seminar, Monitoring dan Evaluasi Pengelolaan DAS, Surakarta
- Sudjarwadi, 1994, *Penelitian Sedimentasi Waduk PLTA PB Sudirman*, Draft Final Report, Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta
- Suripin, 2001, *Pelestarian Sumberdaya Tanah dan Air*, Penerbit Andi Yogyakarta.
- Suripin, 2001, *Pengaruh Sedimentasi Waduk Terhadap Keberlanjutan Pembangunan*, Jurnal dan Pengembangan Keairan, No. 1 Tahun 8, 8 juli 2001, Laboratorium Pengaliran JTS FT Undip, Tembalang, Semarang.
- Team Kajian Erosi dan Sedimentasi, 2002, *Kajian Erosi dan Sedimentasi Pada DAS Teluk Balikpapan Kalimantan Timur*, Laporan penelitian